

Fluidodinâmica computacional aplicada a secagem do morango em secadores solar e microondas

Computational fluidodynamics applied to dry strawberry in solar and microwave dryers

DOI:10.34117/bjdv5n10-350

Recebimento dos originais: 27/09/2019

Aceitação para publicação: 29/10/2019

Juan Canellas Bosch Neto

Doutor em Engenharia mecânica

Instituição: Universidade UFSJ

Endereço: Rua Santo Antônio 240 Colônia do Marçal SJDR

E-mail: jboschbr@yahoo.com.br

Carlos Eduardo Marques Carvalho da Silva

Bacharel em engenharia química

Instituição: UFSJ

Endereço: Rod.: MG 443, KM 7 Ouro Branco - MG 36420-000

E-mail: eduardomarques@unifei.edu.br

Priscila Jennifer Silva de Paula

Bacharel em engenharia química

Instituição : UFSJ

Endereço: Rod.: MG 443, KM 7 Ouro Branco - MG 36420-000

E-mail: priscilajhennifer@hotmail.com

Maria Rita Meyer Ferraz da Costa

Mestrado em Engenharia Química, UFSJ

Endereço :Campus Alto Paraopeba - Rod.: MG 443, KM 7 Ouro Branco - MG 36420 000

Email: mariarita@ufs.edu.br; mariaritameyer@yahoo.com.br

Edson Romano Nucci

Doutorado em Engenharia Química, UFSCar

Instituição de atuação atual: UFSJ

Endereço :Campus Alto Paraopeba - Rod.: MG 443, KM 7 Ouro Branco - MG 36420 000

Email: nucci@ufs.edu.br; edsonnucci@gmail.com

RESUMO

A secagem é um método muito utilizado desde antigamente para conservação de alimentos. Neste trabalho foi realizada uma comparação dos métodos de secagem solar e por microondas. O minisecador solar pode ser utilizado como uma alternativa de diminuição de desperdício de alimentos, e é um método sustentável. Foram feitos ensaios usando morango, que é uma fruta de produção de alta escala no Brasil. O morango foi fatiado de forma a acelerar o processo dando mais incidência a sua área de recebimento de micro-ondas ou raios solares. O teste por incidência solar durou 28 horas, e o do micro-ondas durou 600 segundos. No método solar do morango ele era colocado no

minisecador por um intervalo de 1 hora, onde ele era pesado e assim conseguindo observar suas perdas de umidade, e também vale salientar que foram medidos seu comprimento e largura no início e no fim de todo o teste observando assim a diferença de tamanho após a secagem. No método micro-ondas era feito em intervalos de 30 segundos, e assim feito suas pesagens, e também semelhante ao método solar foi feito a medida da diferença de tamanho do início e do fim geral do experimento. Fazendo uso de softwares conseguiu-se gerar gráficos para análise da diferença de eficiência dos métodos, e assim ao fim do trabalho concluir que o método por micro-ondas era mais eficiente. Podendo também observar características estruturais do morango que influenciam na diferença da razão de um método pelo outro.

Palavras chave: Morango, secagem, micro-ondas, solar, minisecador, comparação, eficiência.

ABSTRACT

Drying is a method that has long been used for food preservation. In this work a comparison of the solar and microwave drying methods was carried out. The solar minisecador can be used as an alternative of reducing food waste, and is a sustainable method. Tests were made using strawberry, which is a fruit of high scale production in Brazil. The strawberry was sliced in a way to accelerate the process giving more incidence to your area receiving microwaves or solar rays. The solar incidence test lasted 28 hours, and the microwave test lasted 600 seconds. In the solar strawberry method he was placed in the minisecador for an interval of 1 hour, where he was heavy and thus able to observe his losses of humidity, and it is also worth noting that his length and width were measured at the beginning and at the end of the whole test thus observing the size difference after drying. In the microwave method it was done at intervals of 30 seconds, and thus made its weighings, and also similar to the solar method was made to measure the difference in the size of the beginning and the general end of the experiment. Using software, it was possible to generate graphs to analyze the difference in efficiency of the methods, and at the end of the work, to conclude that the microwave method was more efficient. It can also observe structural characteristics of the strawberry that influence in the difference of the reason of one method by the other.

Key words: Strawberry, drying, microwave, solar, minisecador, comparison, efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O morango é uma fruta muito apreciada devido às suas propriedades sensoriais e por ser bastante nutritiva. Possui sabor e coloração vermelho-vivo característicos que contribuem para que a fruta in natura ou processada seja apreciada por muitas pessoas (DUARTE FILHO, 1999). É uma fruta muito produzida mundialmente, com aproximadamente 3,1 milhões de toneladas por ano, dessa produção aproximadamente 37,6 mil toneladas é brasileira, com destaque em Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo, e sua produção possui alta rentabilidade por área e alta demanda de mão de obra (IEA, 2007).

Devido à sua textura macia, o morango é muito perecível, o que deixa a fruta muito susceptível ao ataque de fungos e bactérias, ocasionando perdas rápidas durante o armazenamento que afeta a sua qualidade. Métodos e técnicas de processamento permitem a redução destas perdas, utilizando a fruta em diferentes tipos de produtos (LARA; GARCIA; VENDRELL, 2004). O método mais comum

para preservar os alimentos é a secagem, que se fundamenta no fato de que para estarem ativos, os micro-organismos e as enzimas necessitam de água. Assim, a intenção é baixar o teor de umidade do alimento até que os agentes deteriorantes sejam inibidos (JAY, 2005). A desidratação diminui a perecibilidade do produto, evita desperdícios, possibilita o consumo de frutas durante todo o ano e facilita o transporte e armazenamento. O processo de secagem é realizado pela transferência de calor por condução, radiação ou convecção (MELONI, 2003).

A secagem por ar quente é o método mais utilizado, sendo que a transferência de calor do ar para o alimento se dá por convecção, no entanto, o sabor e os nutrientes da fruta podem sofrer danos pela exposição a altas temperaturas e elevado tempo de secagem. Para diminuir esses problemas são estudados métodos mais eficazes, como aplicação de micro-ondas, para a desidratação de alimentos (CONTRERAS, 2008). A operação de secagem deve ser otimizada para se obter produtos de qualidade pois o processo inevitavelmente leva a mudanças de cor nos alimentos, geralmente, quanto maior a intensidade do tratamento, maior é a mudança na cor e na aparência interna, propriedades fundamentais para a aceitabilidade do produto final (MASCAN, 2001).

2 OBJETIVOS

Avaliar a secagem de morangos utilizando-se o método de secagem solar e o método de secagem por micro-ondas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 MORANGO

O morangueiro, planta herbácea, rasteira e perene, pertencente à família Rosaceae (gênero *Fragaria*), é muito cultivado no Brasil, sendo o terceiro país com maior produção de morangos. Possui grande destaque nas regiões de clima subtropical e temperado, onde se produz morangos para as indústrias e também para consumo in natura, sendo as regiões sudeste e sul com maiores produções (FERREIRA, 2017). Em regiões quentes, como o cerrado, o morangueiro também possui fácil adaptação (ANTUNES; REISSER JUNIOR, 2007). A sua produção cresce a cada ano, com predominância de cultivo em pequenas propriedades rurais, utilizando-se a mão de obra familiar. A grande apreciação do fruto é devido à sua coloração, sabor e aroma, bem como as suas propriedades nutricionais (RESENDE et al., 1999).

O morango é um pseudofruto originário do receptáculo floral, que se torna polposos e suculento. As “sementes” do morango, pequenos aquênios, são os verdadeiros frutos, secos. O pseudofruto, denominado por fruto, é rico em vitaminas, como a vitamina C que é antioxidante, e em pectina e outras fibras solúveis que auxiliam no controle do colesterol. Contém bioflavonóides, como

a antocianina e o ácido elágico, que evitam certos tipos de câncer, e fibras insolúveis, presentes nas sementes da fruta, que evitam a constipação. O fruto é um agente acidificante, adoçante, corante e flavorizante, pela presença de ácidos orgânicos, açúcares, antocianinas, minerais e vitaminas (HERBÁRIO, 2005).

Os níveis da vitamina C variam com a cultivar, estado de maturação e as condições de cultivo. Por ser muito instável, é desejável um adequado manuseio pós-colheita para manutenção do nível dessa vitamina. Os açúcares solúveis presentes no morango, glicose, frutose e sacarose, são responsáveis pelo seu sabor adocicado. Os principais compostos em teor de sólidos solúveis totais, são os açúcares xilitol, sorbitol e xilose, no entanto, no morango são encontrados em menor quantidade (AZEVEDO, 2007). Para a produção de sucos, geléias, doces e bebidas fermentadas, quanto maior o teor de açúcar no fruto, melhor será o fruto para o processo (SILVA, 2010).

Os ácidos orgânicos não voláteis, compõem também o teor de sólidos solúveis, e são responsáveis pela manutenção do pH, o que influencia a estabilidade das antocianinas, responsáveis pela coloração avermelhada do morango. O ácido cítrico é responsável pelo sabor acidificado e é o principal ácido da fruta madura. Os ésteres voláteis, que se desenvolvem durante o amadurecimento do morango, são os responsáveis pelo aroma típico da fruta. Se armazenados em condições desfavoráveis, a fruta produz acetaldeído, etanol e acetato de etila, que são metabólitos provenientes do processo de fermentação (AZEVEDO, 2007).

A água está em maior concentração no fruto e compõe aproximadamente 90% deste. O elevado teor de água, danos mecânicos, perda de água e elevada taxa de respiração contribuem de forma negativa com a vida útil do fruto, pois aumenta a sua susceptibilidade ao ataque de bactérias e fungos, o que leva à sua deterioração. Assim, para diminuir perdas qualitativas e econômicas, após a colheita, a conservação é um fator determinante para prolongar a vida útil do morango (CELESTINO, 2010).

3.2 SECAGEM

A secagem é uma técnica utilizada desde antigamente para a conservação de alimentos. Os micro-organismos causadores da decomposição não sobrevivem na ausência de água, além disso, grande variedade de enzimas que modificam quimicamente os alimentos não reagem sem a presença de água no meio (ROMERO, 1997). O processo consiste em retirar líquido de um material sólido, com o objetivo de minimizar o conteúdo líquido residual deste material até a quantidade desejada. O líquido pode ser removido do material por centrífugas ou prensas, ambos são métodos mecânicos, ou por evaporação, que é um método térmico. Geralmente, os métodos mecânicos são menos custosos,

então, podem ser utilizados antes de métodos térmicos com o objetivo de reduzir ao máximo o líquido no material (MCCABE; SMITH; HARRIOTT, 1993).

Os sólidos, para a análise de secagem, podem ser divididos em duas classes, sólidos granulados, ou cristalinos, e sólidos orgânicos. Os sólidos granulados ou cristalinos retêm a umidade nos interstícios entre as partículas, ou em poros superficiais, rasos e abertos. Em consequência da interação das forças de tensão superficial, esses materiais possuem um livre movimento de umidade. O sólido, geralmente inorgânico, não sofre demasiada ação do processo de secagem, uma vez que é pouco afetado pela presença do líquido. Nos sólidos orgânicos, divididos em amorfos, fibrosos ou gelatinosos, a umidade retida como parte integral de sua estrutura, ou então retida no interior de poros delgados ou de fibras internas, movimenta-se lentamente pela difusão do líquido através da estrutura do sólido. As camadas superficiais destes sólidos secam mais rápido que o interior, assim, se o sólido passar por uma rápida taxa de secagem, haverá uma diferença de teor de umidade entre a superfície e o interior, causando rachaduras ou a formação de um revestimento impermeável na amostra, parcialmente seca, que dificulta o processo de secagem, fazendo com que a mesma se deteriore (FOUST et. al., 1982).

A secagem de alimentos pode ser efetuada por secagem natural, ao sol ou vento, e secagem artificial, desidratação, controlando-se a umidade relativa, velocidade do ar e o calor (Evangelista, 2008). No método de secagem natural o alimento é exposto ao sol, em piso apropriado, com capacidade de retenção de calor, o que faz com que o sólido perca água por aquecimento do piso. É um método muito econômico, uma vez que não emprega energia com equipamentos, no entanto é um processo lento e necessita de muito espaço para exposição dos alimentos. No método de secagem artificial, ou desidratação, o alimento é colocado em equipamentos, com injeção de vapor de água, sistema a vácuo, gás inerte ou aplicação direta de calor, ou em estufas preparados para essa finalidade. Tem-se um maior controle de umidade, temperatura e velocidade do ar. É um método que exige maior custo, no entanto é um método mais rápido e não necessita de grandes áreas para a secagem (Moraes, 2006).

3.3 EQUAÇÕES PARA OS CÁLCULOS DE TAXA DE SECAGEM E UMIDADE DO SÓLIDO

A análise do processo de secagem é realizada através da plotagem dos dados obtidos experimentalmente, obtendo-se as curvas características do processo de secagem, curva de umidade média do sólido *versus* tempo e a curva da taxa de evaporação *versus* umidade média do sólido, semelhantes às Figura 1 e Figura 2, respectivamente. Para a construção da curva determina-se a umidade média do sólido ($X_{\text{médio}}$) e a taxa de evaporação (R) (YANNIOTIS, 2008). A Equação 1 apresenta a umidade do sólido em base seca (X):

$$X = \frac{W - W_s}{W_s} \quad (1)$$

Na Equação 1, W representa a massa do sólido úmido e W_s representa a massa do sólido seco. Para determinar a umidade média do sólido ($X_{\text{médio}}$) faz-se a média, utilizando-se a Equação 2, entre os valores de umidade do sólido em base seca (X) encontrados anteriormente (YANNIOTIS, 2008).

$$X_{\text{médio}} = \frac{X_i + X_{i+1}}{2} \quad (2)$$

Na equação 2, X_i representa o valor de umidade em base seca de interesse e X_{i+1} é o próximo valor de umidade em base seca. A taxa de evaporação (R) é determinada através da equação 3, a seguir:

$$R = \frac{-W_s}{A} * \frac{dX}{dt} \quad (3)$$

Na equação 3, W_s representa a massa do sólido seco, A é a área de troca térmica, X é a umidade em base seca e t é o intervalo de tempo.

A equação 3 pode ser reescrita como apresentado a seguir:

$$R = \frac{-W_s}{A} * \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad (4)$$

A equação 4 consiste em calcular primeiramente a perda de massa ΔX em um intervalo de tempo Δt . Esta velocidade de secagem (R) é a média no período de t_i a t_{i+1} e deve ser grafado para a umidade média do sólido ($X_{\text{médio}}$) de X_i a X_{i+1} correspondente (GEANKOPLIS, 1998).

4 METODOLOGIA

4.1 MÉTODOS

Secagem solar de morangos

O minisecador utilizado é constituído de vidro nas áreas de exposição ao sol, e no seu interior é constituído de uma bandeja preta, que objetiva a otimização de absorção de calor. Para evitar a entrada de insetos nas passagens de fluxos de ar, nas partes inferior e superior, o equipamento é constituído por filó. O minisecador é apresentado na Figura 1.



Figura 1. Minisecador solar.

Inicialmente foi realizada a higienização dos morangos em água corrente, que em seguida foram cortados, com o auxílio de uma faca, deixando as fatias com espessura de aproximadamente 1 cm. As amostras foram dispostas na bandeja do minisecador solar para iniciar o processo de exposição ao sol, conforme apresenta a Figura 2. De hora em hora eram medidas as massas das amostras. As medições foram realizadas até se observar uma constância nas massas. As amostras ao final do processo apresentaram espessura de aproximadamente 3 mm e são apresentadas na Figura 3.



Figura 2. Disposição dos morangos no equipamento.



Figura 3. Amostras de morango ao final do processo.

4.2 SECAGEM POR MICRO-ONDAS

O micro-ondas utilizado, apresentado na Figura 4, pode ser configurado para variar sua potência de 10 a 100%. Segundo Garcia e Lemes (2015), a potência ótima para o processo, para que as amostras não queimem ainda com presença de água, é de 20%. Assim, o micro-ondas foi ajustado nesta potência para início do processo.



Figura 4. Forno micro-ondas doméstico com ajuste de potência.

Inicialmente foi realizada a higienização dos morangos em água corrente, que em seguida foram cortados, com o auxílio de uma faca, deixando as fatias com espessura de aproximadamente 1 cm. As amostras foram dispostas em um recipiente de vidro, como apresenta a Figura 5, e colocadas no interior do micro-ondas. O intervalo entre as medições das massas das amostras foi de 30 segundos, até que as massas se mantivessem constantes. As amostras ao final do processo apresentaram espessura de aproximadamente 1 mm e são apresentadas na Figura 6.



Figura 5. Disposição das amostras de morango em recipiente de vidro.

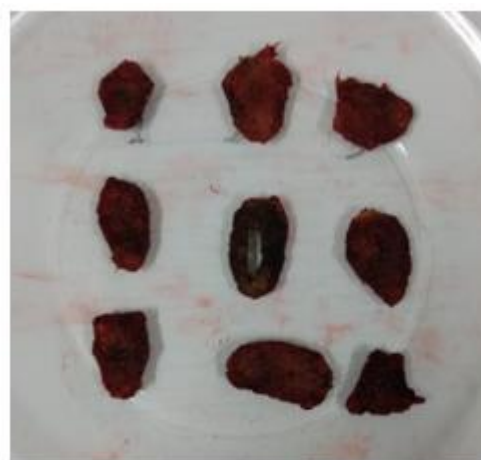


Figura 6. Amostras de morango ao final do processo de secagem por micro-ondas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para caracterizar as curvas de secagem necessárias para a análise do processo de secagem e comparação dos métodos, secagem solar e secagem por micro-ondas, foram utilizadas amostras de morangos com massas iniciais de 6,91 gramas e 6,85 gramas, respectivamente. As variações das massas em função do tempo para ambos os métodos estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2 no ANEXO. Para o tratamento de dados foi utilizado o programa Octave, através do qual foi elaborado o arquivo de programação, também apresentado no ANEXO.

As Figuras 7 e 8 apresentam os gráficos obtidos da massa do morango em gramas versus tempo em horas, para os métodos de secagem solar e micro-ondas, respectivamente. As curvas obtidas mostram que a secagem de morangos no micro-ondas é mais eficiente, uma vez que a massa do morango diminui bruscamente em um mesmo intervalo de tempo, quando comparado com a secagem solar. Desde o início da secagem até o instante em que não há mais variação da massa da fruta, observa-se que a secagem no micro-ondas é aproximadamente 160 vezes mais rápida do que a secagem solar.

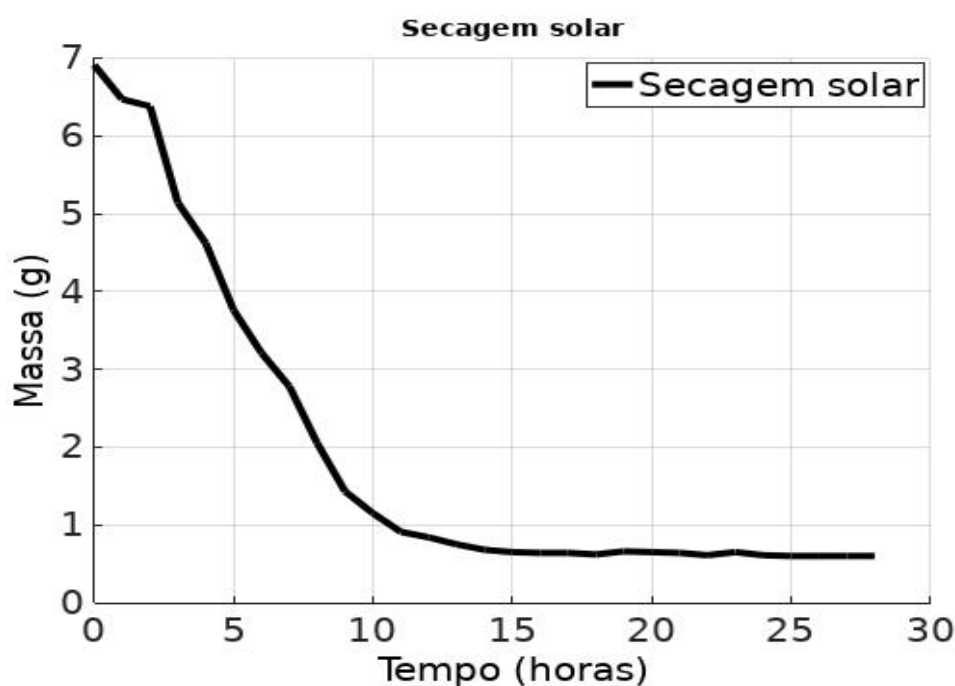


Figura 7. Massa do morango versus tempo para secagem solar.

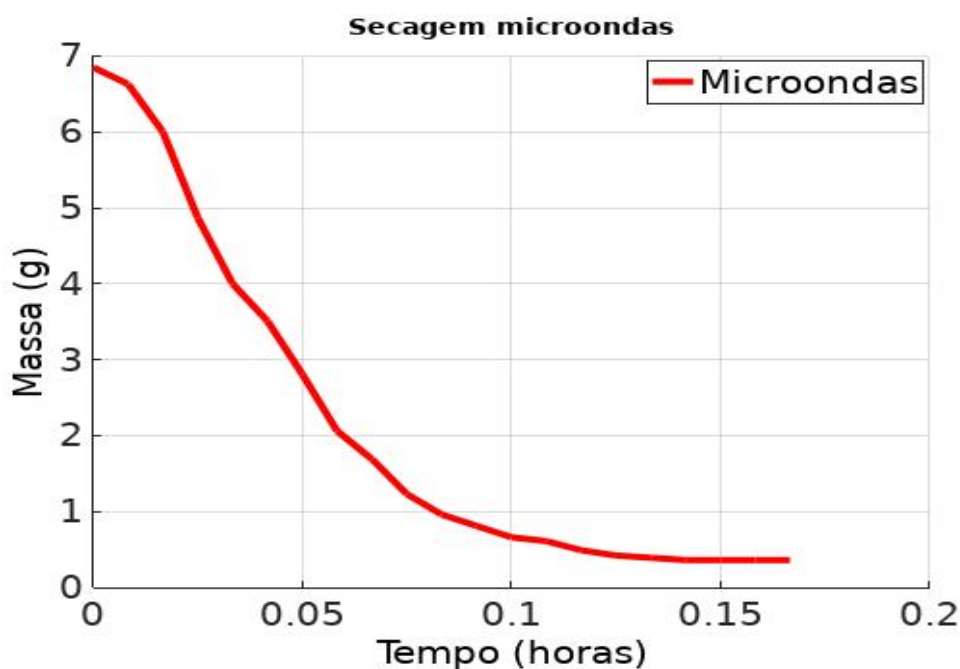


Figura 8. Massa do morango versus tempo para secagem no micro-ondas.

As Figuras 9 e 10 apresentam os gráficos obtidos da umidade em base seca do morango em gramas versus tempo em horas, para os métodos de secagem solar e micro-ondas, respectivamente. As curvas mostram que a umidade em base seca dos morangos diminui até a umidade de equilíbrio, onde as massas dos morangos permaneceram constantes, que é o momento em que cessa a secagem. Como pode-se observar a amostra a ser seca no micro-ondas apresentava valor de umidade inicial maior do que a amostra a ser seca no minisecador solar. No entanto, a umidade de equilíbrio foi atingida mais rapidamente com o método de secagem por micro-ondas, o que demonstra a eficiência do processo.

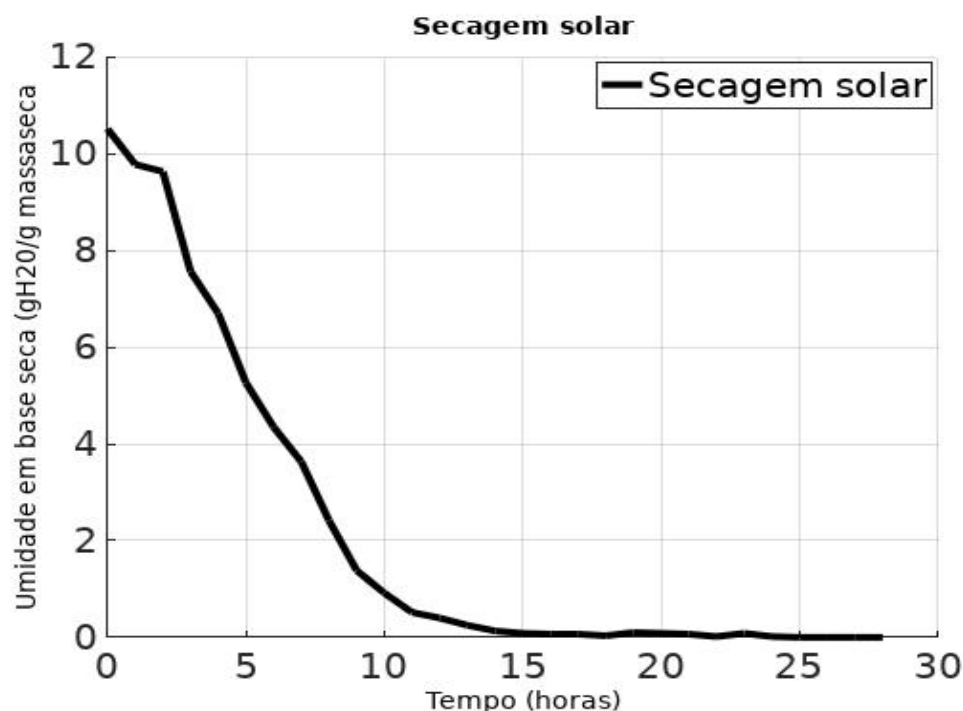


Figura 9. Umidade em base seca versus tempo para secagem solar.

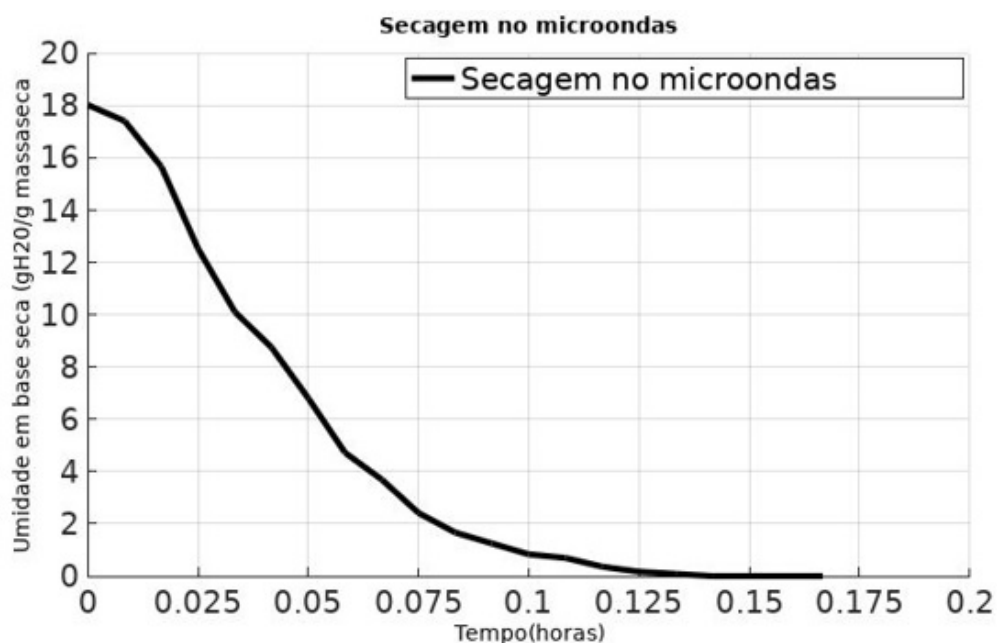


Figura 10. Umidade em base seca versus tempo para secagem no micro-ondas.

As Figuras 11 e 12 apresentam os gráficos obtidos da taxa de secagem versus umidade em base seca, para os métodos de secagem solar e micro-ondas, respectivamente. Pela análise dos gráficos, observa-se que as taxas de secagem são mais altas no início do processo, isso ocorre devido a maior umidade inicial presente no morango. No forno micro-ondas, houve uma taxa de secagem muito superior quando comparada a secagem solar, o que significa que houve maior remoção de

umidade no mesmo período de tempo. No entanto por ser uma secagem mais abrupta acredita-se que ocorra maior perda de proteínas e vitaminas na fruta durante o processo.

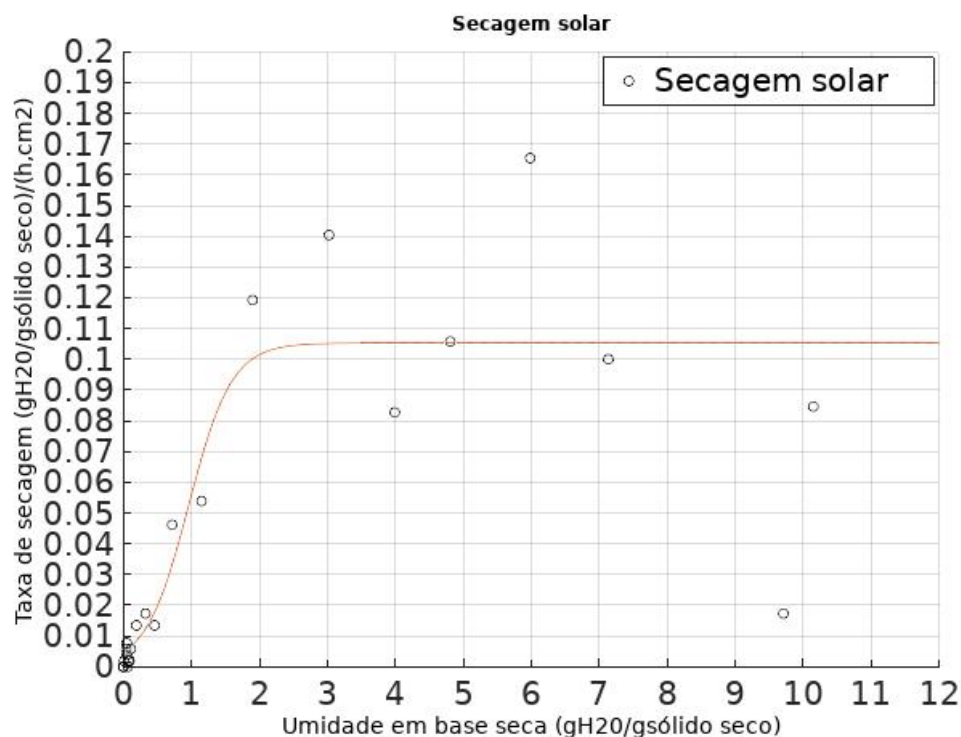


Figura 11. Taxa de secagem versus umidade em base seca para secagem solar.

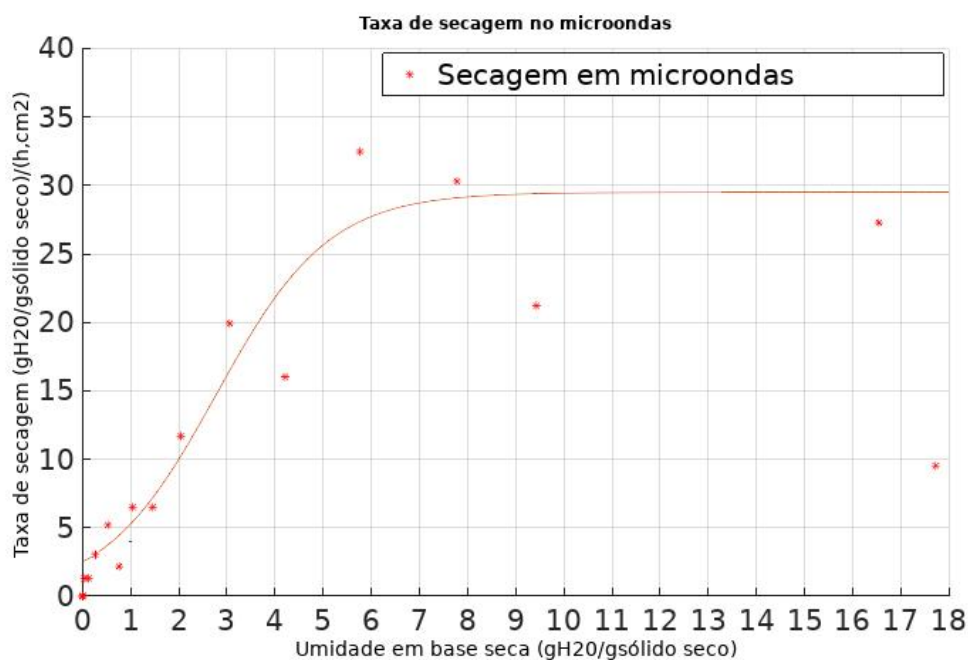


Figura 12. Taxa de secagem versus umidade em base seca para secagem micro-ondas

A Figura 13 gerada pelo programa FEHT DEMO que representa a modelagem do sistema que demonstra a razão da taxa secagem dos métodos. No gráfico observa-se que em determinado momento tem-se uma diminuição da superioridade do método micro-ondas pelo solar, e este fato é explicado pela estrutura do morango e a incidência dos raios solares ou pelas micro-ondas. A estrutura do morango se dá pela casca exterior mais rígida, um interior mais mole, e no seu extremo centro uma parte um pouco mais rígida. Com isso tem-se uma forma de incidência dos raios solares e micro-ondas diferentes, até pela forma como o morango aparece disposto no minisecador solar, pois nele o morango recebe os raios diretamente atingindo toda a superfície da amostra, já no micro-ondas elas eram emitidas uniformemente demorando mais para chegar ao centro devido a camada rígida exterior.

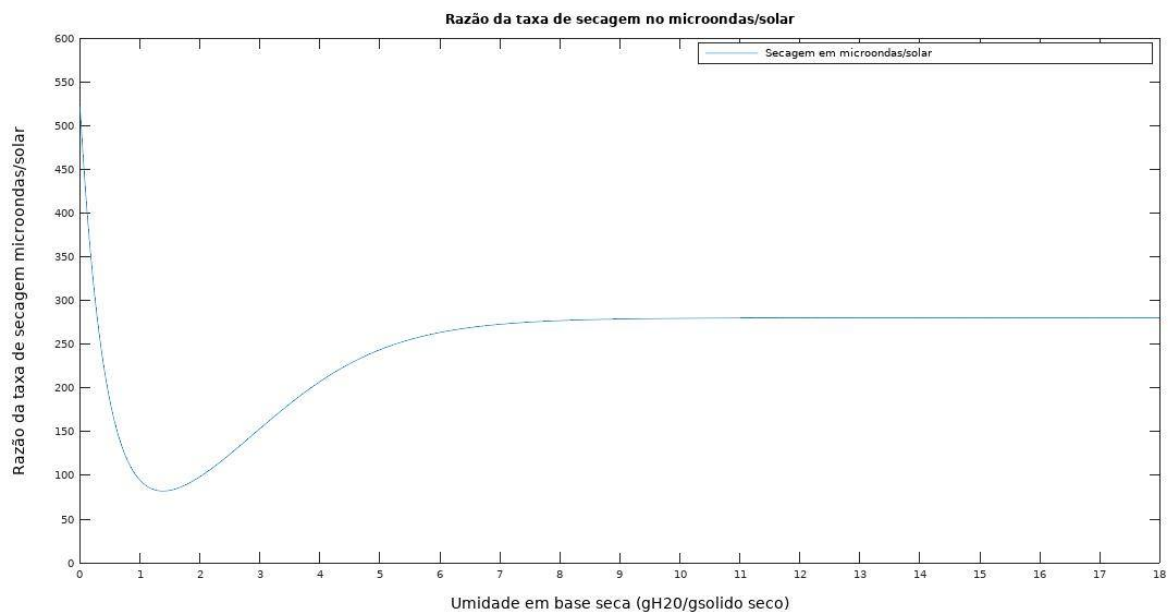


Figura 14. Razão da taxa de secagem micro-ondas/solar versus a Umidade em base seca

Na Figura 13 tem-se o resultado da modelagem do sistema por fluidodinâmica computacional. Observa-se a perda de umidade de fora para dentro e nota-se que no início, o extremo centro do morango demora mais que o interior para perder umidade. Com isso justifica-se essa queda no gráfico da razão de taxa de secagem. A cor azul na Figura 13 representa o sólido completamente seco, a cor verde representa o sólido úmido e a cor vermelha representa o sólido levemente úmido e em processo de secagem.

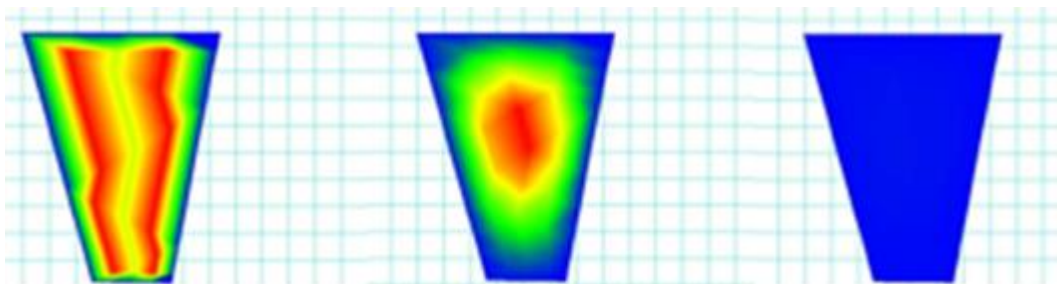


Figura 13. Demonstração esquemática da estrutura do morango ao longo da secagem

6 CONCLUSÃO

Concluiu-se que a secagem em microondas resultou em um tempo de secagem 160 vezes mais rápida que a secagem solar. Portanto a secagem em microondas se mostrou um método mais eficiente. A secagem solar apesar de ser mais demorada manteve as características sensoriais iniciais do morango. A modelagem por fluidodinâmica computacional conseguiu identificar as regiões em que se tem maior remoção de umidade no morango em cada método de secagem.

REFERÊNCIAS

- AMBROSIO, Miriam Carla Bonicentro. **Secagem de Particulado Coesivo em Secador de Leito Fluidizado Agitado**. 1999. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C. Produção de morangos. **Jornal da Fruta**, Lages, v. 15, n. 191, p. 22-24, 2007.
- AZEVEDO, S. M. C. **Estudos da taxa de respiração e de fatores de qualidade na conservação de morango fresco (Fragaria X Ananassa Duch)**. 2007. 201 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar). Universidade Aberta.
- CAMPOS, M.S. **Influencia da energia de micro-ondas na qualidade tecnológica do trigo**. Tese (Mestrado Engenharia de Alimentos e Agrícola) – Campinas – SP, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 1986. 120p.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina-DF: EMBRAPA Cerrados, 2010.
- CONTRERAS, C. et al. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. **Journal Of Food Engineering**. Valencia, p. 55-64. 19 jan. 2008.
- DUARTE FILHO, J. et al. **Tecnologia de produção e processamento do morango**. Caldas: EPAMIG, 1999. 279 p.
- EVANGELISTA, José. **Tecnologia de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- FERREIRA, Luiz Cláudio. **O morango no Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/especiais/morango-do-planalto#abre>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

FOUST, Alan S. et al. **Princípios das Operações Unitárias**. 2. ed. Tradução de: Principles of Unit Operations. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

GARCIA, Carlos Henrique; LEMES, Juliana da Silva Terra. **Estudo de secagem de morangos no microondas**. 2015. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, 2015.

GEANKOPLIS, Christie J.. **Procesos de Transporte Y Operaciones Unitarias**. 3. ed. México: Companhia Editorial Continental, 1998.

GONÇALVES, João Filipe Teixeira. **Dimensionamento de um Secador em Leito Fluidizado para Secagem de Cereais**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2011.

HERBÁRIO. **Cultivo do Morango**. Disponível em: <
http://www.herbario.com.br/dataherb12/morango.htm> . Acesso em 24 de abril de 2019.

HONORATO, Gerlane Carla. **Concepção de um Secador Rotatório para Secagem do Cefalotórax do Camarão**. 2006. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. 2007, 11 de janeiro. Pólos de produção do morango. Disponível em <http://www.iaea.gov.br/out/vertexto.php?codtexto=11/>

JAY, James M.. **Microbiologia de Alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LARA, I.; GARCIA, P. ; VENDRELL, M. **Modifications in cell Wall composition after cold storage of calciumtreated strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) fruit**. Postharvest Biol. Technol., v.22, n.3, p.331-339, 2004.

MASCAN, Medeni. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal Of Food Engineering**. Gaziantepe, p. 169-175. maio 2001.

MCCABE, Warren L.; SMITH, Julian C.; HARRIOTT, Peter. **Unit operations of chemical engineering**. 5. ed. Singapore: Mcgraw Hill, 1993.

MELONI, P. L. S.. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Fortaleza: Instituto de desenvolvimento da fruticultura e agroindústria – Frutal, 2003. 87p.

Moraes, S. O. **Secagem de Alimentos**. Piracicaba, SP, 2006.

PEREIRA, N. R. **Estudo da Aplicação de Micro-ondas na Secagem de Bananas Tratadas Osmoticamente**. 2007. 188 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

PUHL, Janice; NITZKE, Julio Alberto. **Secagem de Vegetais: Secagem pelo Sol**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização do morango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 5-19, 1999.

ROMERO, J. T.; GABAS, A. L.; YAMASHITA, F.; TELIS, V. R. N.; MENEGALLI, F. C. **Secagem de produtos alimentícios**, São José do Rio Preto: UNESP, 1997. p. 58.

SILVA, P. A. **Manutenção da qualidade de morangos submetidos ao 1-MCP e armazenados em temperatura ambiente e refrigerada**. 2010. 137 p. Tese (Doutorado em Agroquímica). Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

YANNIOTIS, Stavros. **Solving problems in food engineering**. New York: Springer, 2008. 297 p.